

Kraftbehov til transport

Nullutslippsscenarioer for 2050



Kolofon

Utførende institusjon (institusjonen er ansvarlig for innholdet i rapporten)

Miljødirektoratet

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Anna Velken

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Mats Nordum

M-nummer

2383

År

2022

Sidetall

32

Miljødirektoratets
kontraktnummer

Utgiver

Miljødirektoratet

Prosjektet er finansiert av

Forfatter(e)

Mats Nordum, Christine Maass

Tittel – norsk og engelsk

Kraftbehov til transport. Nullutslippsscenarioer for 2050.

Sammendrag – summary

Denne rapporten estimerer behovet for kraft til elektrifisering og til produksjon av alternative drivstoff til transport i to ulike nullutslippsscenarioer: et scenario hvor det fortsatt er transportvekst, og et med null transportvekst. Begge scenariene når null utslipp av CO₂ i 2050. I vekstscenariet er direkte forbruk av elektrisitet i transportsektoren estimert til 34 TWh i 2050. Når også produksjon av drivstoff inkluderes, blir det totale kraftbehovet mer enn 60 TWh i 2050. I nullvekstscenariet, hvor transportmengden holdes konstant på 2019-nivå, er direkte forbruk av elektrisitet i transportsektoren estimert til 24 TWh i 2050, og 44 TWh inkludert kraft til produksjon av drivstoff. Mye transport kan unngås eller flyttes til mer energieffektive transportformer. En mer energieffektiv transportsektor vil gi mindre behov for kraft og være mindre ressurs- og arealkrevende.

4 emneord

Transport, kraft, alternative drivstoff

4 subject words

Forsidefoto

Innhold

Innledning.....	4
Alternative drivstoff krever mye kraft	4
Det er ventet kraftig transportvekst fram mot 2050	7
Elektrifisering motvirkes av transportvekst	7
Fortsatt transportvekst øker kraftetterspørselen med 60 TWh.....	10
Kraftbehovet til transport kan reduseres på flere måter	12
Vedlegg 1 - Mer om energibehov	13
Energibruk til transport har økt med økonomisk vekst.....	13
Alternative drivstoff, framdriftsteknologi og virkningsgrad	15
Vedlegg 2 - Metode og forutsetninger	19
Metode	19
Hva mener vi med nullutslippsscenario?.....	20
Usikkerhet og sensitivitetsberegninger	21
Transportvekst i vekstscenariet	21
Teknologifordeling	23
Virkningsgrader	25
Kraftforbruk for å produsere biodrivstoff og blått hydrogen	27
Vedlegg 3 - Detaljerte resultater	28

Innledning

Den sjette hovedrapporten til FNs klimapanel viser at for å nå 1,5-gradersmålet må de globale CO₂-utslippene nå toppen før 2025 og så reduseres raskt for å nå netto null rundt midten av århundret. Norge har under Parisavtalen tatt på seg en forpliktelse til å redusere utslippene av klimagasser med 55 prosent i 2030 sammenliknet med nivået i 1990, og lovfestet mål om å bli et lavutslippssamfunn i 2050.

For at transportsektoren skal komme til null utslipp av CO₂, må bruk av fossilt drivstoff erstattes med elektrisitet eller alternative drivstoff som avansert biodrivstoff, hydrogen, ammoniakk og syntetisk drivstoff. Dette innebærer bruk av betydelige mengder kraft. Det er også ventet høy transportvekst framover, noe som vil øke kraftetterspørselen ytterligere.

I denne rapporten har vi estimert behovet for kraft til elektrifisering og til produksjon av alternative drivstoff i to ulike nullutslippsscenarioer: et scenario hvor det fortsatt er transportvekst, og et med null transportvekst. Begge scenariene forutsetter at transportsektoren skal nå null utslipp av CO₂ i 2050.

Analysen omfatter hele transportsektoren, inkludert utenriks skips- og luftfart som tanker i Norge.

BEGREPER

Kraft brukes i denne rapporten som et begrep for elektrisk energi, og er det samme som **strøm**.

Med **elektrifisering** mener vi i denne rapporten overgang fra en annen energiform til *direkte* bruk av elektrisitet, for eksempel omlegging fra diesel til batteri og elmotor.

Alternative drivstoff krever mye kraft

Den mest effektive bruken av energi til transport er *elektrifisering*, fordi det er lavt energitap når elektrisitet brukes i en elmotor. For transport som ikke kan elektrifiseres, er det nødvendig med *alternative drivstoff* (se faktaboks) for å redusere utslippene. Ulempen ved

alternative drivstoff, som avansert biodrivstoff, hydrogen, ammoniakk og syntetisk drivstoff, er at de har et betydelig energitap både i produksjon av drivstoffet, og i bruksfasen. Av disse er avansert biodrivstoff et alternativ med begrenset potensial, tilgangen på bærekraftig biomasse fra avfall og rester er svært begrenset. Biomassen kan også ha mer høyverdige bruksområder på sikt.

FAKTA: Alternative drivstoff

Avansert biodrivstoff 🌿 (flytende og biogass) kan brukes i dagens forbrenningsmotorer, og er laget av biomasse av avfall, rester og biprodukter som per i dag ikke har mer høyverdige bruksområder. Det er betydelig energitap i produksjonsprosessen, og tilgangen på biomasse er svært begrenset.

Hydrogen og hydrogenbaserte drivstoff

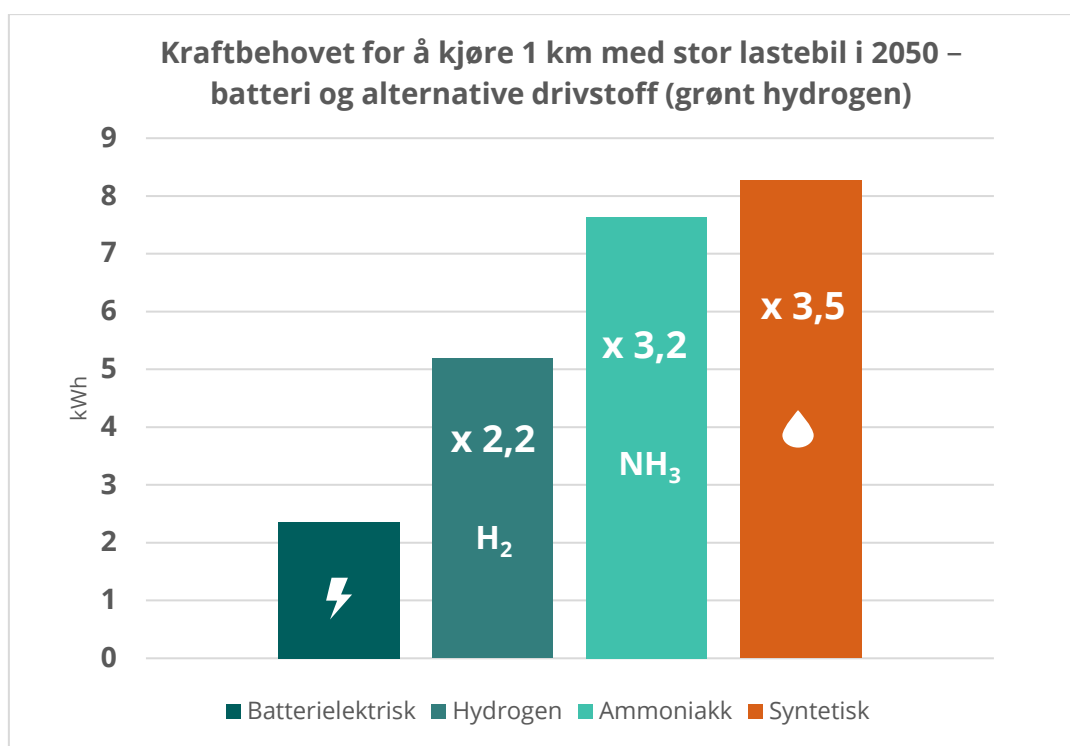
Hydrogen (H_2 , komprimert, flytende eller i andre former) kan brukes i en brenselcelle som omdanner hydrogen til strøm som driver en elmotor, *eller* i en tilpasset forbrenningsmotor. Det er mest aktuelt å produsere hydrogen med elektrolyse av vann (*grønt hydrogen*) eller fra naturgass med karbonfangst og -lagring (*blått hydrogen*). Elektrolyse krever mye strøm, og grønt hydrogen er mer kraftkrevende å produsere enn blått.

Ammoniakk (NH_3) kan brukes i tilpasset forbrenningsmotor eller brenselcelle, og lages av hydrogen (grønt eller blått) og nitrogen. Det er betydelig energitap i produksjonsprosessen.

Syntetisk drivstoff 💧 (e-drivstoff) er tilnærmet likt fossilt drivstoff, men lages av hydrogen (grønt eller blått) og CO_2 . I denne analysen har vi lagt til grunn at CO_2 er fanget fra atmosfæren. Drivstoffet kan brukes i dagens forbrenningsmotorer. Det er store energitap i produksjonsprosessen.

Figur 1 viser hvor mye kraft som kreves for å kjøre en kilometer med stor lastebil med elektrisitet eller ulike drivstoff laget av *grønt* hydrogen (fra elektrolyse) i 2050, inkludert kraft til produksjon av drivstoffet. Figuren er ment som en illustrasjon av energitap, vi forventer ikke lastebiler som går på ammoniakk eller syntetisk drivstoff.

Sammenliknet med en batterielektrisk lastebil, ville en lastebil som benyttet hydrogen, ammoniakk eller syntetisk drivstoff stå for henholdsvis to, tre og 3,5 ganger høyere kraftforbruk. I dette eksempelet forutsetter vi at både elektrolyse og brenselceller har blitt vesentlig mer energieffektive innen 2050. Med teknologien som er forventet i 2030, vil hydrogenlastebilen stå for *tre ganger* strømbruken til en batterielektrisk lastebil, og syntetisk nesten *fire ganger* så mye strøm. Forutsetningene er detaljert i vedlegg 2.



Figur 1: Kraftbehov for å kjøre én kilometer med stor lastebil med batteri, hydrogen (i brenselcelle), ammoniakk (i forbrenningsmotor) og syntetisk drivstoff (i forbrenningsmotor) i 2050. Kraftbehovet er inkludert produksjon av drivstoffet med grønt hydrogen (fra elektrolyse). Forutsetter at elektrolyse og brenselceller blir vesentlig mer energieffektive i 2050, enn de er i dag. Forutsetninger er detaljert i vedlegg 2.

Blått hydrogen, det vil si hydrogen produsert fra naturgass med karbonfangst og -lagring, krever mindre kraft i produksjonen enn hydrogen fra elektrolyse. Det er teknisk mulig å fange opp mot 100 prosent av CO₂-utslippet med ny teknologi.¹ Samtidig brukes det energi ved utvinning av naturgass og geologisk lagring av CO₂. Den energibruken er ikke inkludert i analysen. I denne rapporten har vi lagt til grunn at halvparten av hydrogenet som benyttes i transportsektoren er grønt, og halvparten blått.

¹ Prosess21, 2021. [Veikart](#).

Det er ventet kraftig transportvekst fram mot 2050

Transportmengden er ventet å øke vesentlig framover. I framskrivingene som ligger til grunn for gjeldende Nasjonal transportplan (NTP), er det ventet at innenlands persontransport vil vokse med 33 prosent og godstransport med 60 prosent innen 2050.² Nesten halvparten av veksten forventes å komme innen 2030, og veksten er forventet å være størst for veitransporten.

Vi har estimert behovet for kraft i to ulike scenarier, som begge når null utslipp av CO₂.

- **Vekstscenariet:** Fortsatt transportvekst, hvor transportmengden fortsetter å øke i takt med befolkningsvekst og økonomisk vekst – i tråd med framskrivingene fra Nasjonal transportplan.
- **Nullvekstscenariet:** Null transportvekst, hvor den samlede transportmengden holdes konstant på 2019-nivå. Gitt forventet befolkningsvekst og økonomisk vekst innebærer dette at hver nordmann genererer mindre transport i 2050, enn det vi gjør i dag.

Elektrifisering motvirkes av transportvekst

Dersom all transport var basert på fossilt drivstoff, ville transportveksten medført at energiforbruket i 2050 er over 30 prosent høyere enn i dag i veitransport, anlegg og luftfart. For jernbane vil den bli 25 prosent høyere og i sjøfart og fiske 11 prosent høyere. Økningen skyldes i hovedsak økt persontransport og godstransport innenlands, og mer utenriks flytrafikk.

For å nå null utslipp av CO₂, må alt fossilt drivstoff erstattes med elektrisitet og alternativt drivstoff. I Tabell 1 har vi oppsummert hvilken fordeling av elektrisitet og ulike alternative drivstoff i 2050 vi har brukt i analysen. Analysen er ment som en illustrasjon av ett mulig nullutslippsscenario. Basert på litteratur, kommende EU-reguleringer og egne vurderinger, har vi foretatt en fordeling på energibærere og framdriftsteknologier som gir null utslipp av CO₂ i 2050 i de ulike transportsegmentene. Forutsetningene er detaljert i vedlegg 2. I vurderingen har vi sett til forventede kostnader og teknologimodenhet, og antatt at

² NTP, 2021. [Nasjonal transportplan 2022 -2033: Oppdrag 2 Utviklingstrekk og framskrivninger.](#)

transportmidlene har normal levetid og ikke skiftes ut før tiden. For 2030 har vi tatt utgangspunkt i tiltakene fra Klimakur 2030.³

Tabell 1: Elektrisitet og alternative drivstoff i transport i 2050 i analysen. Prosent av transportarbeid. Se vedlegg 2 for detaljer og forutsetninger.

	Elektrisk	Hydrogen	Ammoniakk	Syntetisk	Biodrivstoff
Veitransport	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Jernbane	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Luftfart	3 %	29 %	0 %	34 %	34 %
Sjøfart og fiske	34 %	12 %	34 %	10 %	10 %
Anlegg, bygg, jordbruk mm.	75 %	15 %	0 %	10 %	0 %

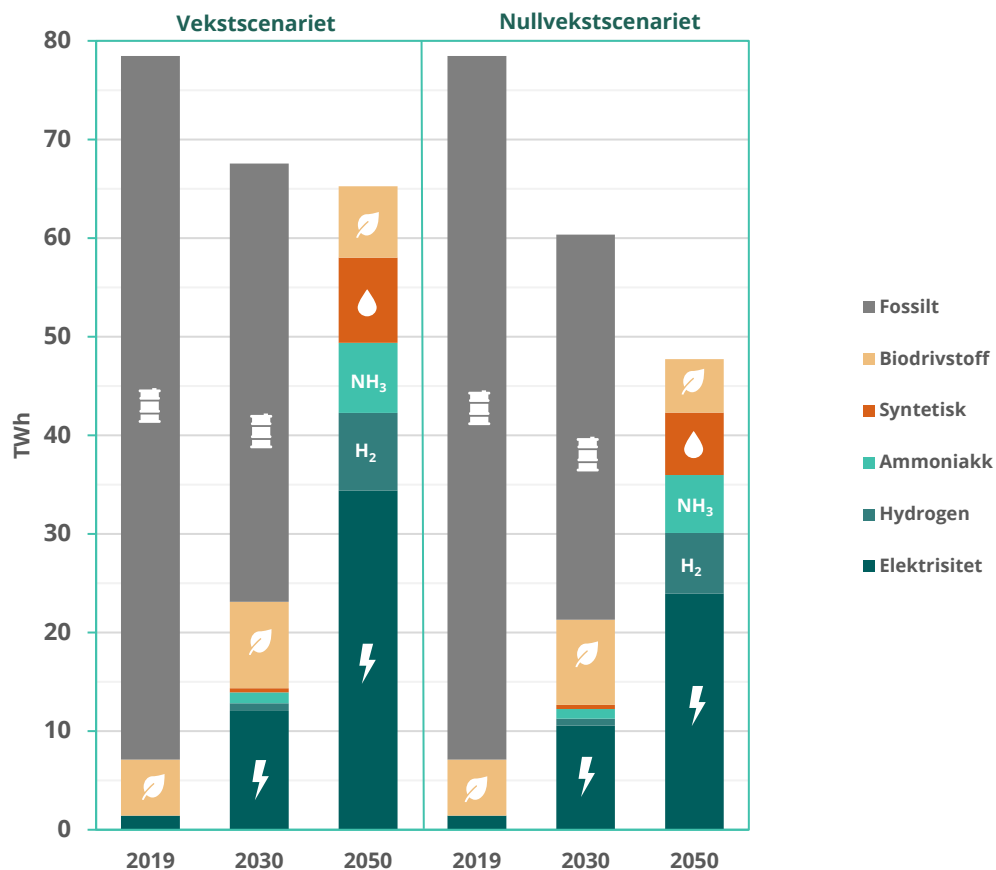
I **vekstscenariet** går energibruken i transport, det vil si mengden energi fylt på "tanken" som trengs for å drifte transportmidlene, ned i 2030 og 2050. Dette skyldes utelukkende at elektrifisering er mer energieffektivt enn bruk av drivstoff i forbrenningsmotor. Energien som trengs for å produsere alternative drivstoff vil komme i tillegg.

I **nullvekstscenariet**, hvor transportmengden holdes konstant på 2019-nivå, går energiforbruket ned med 60 prosent i 2050, som følge av elektrifisering.

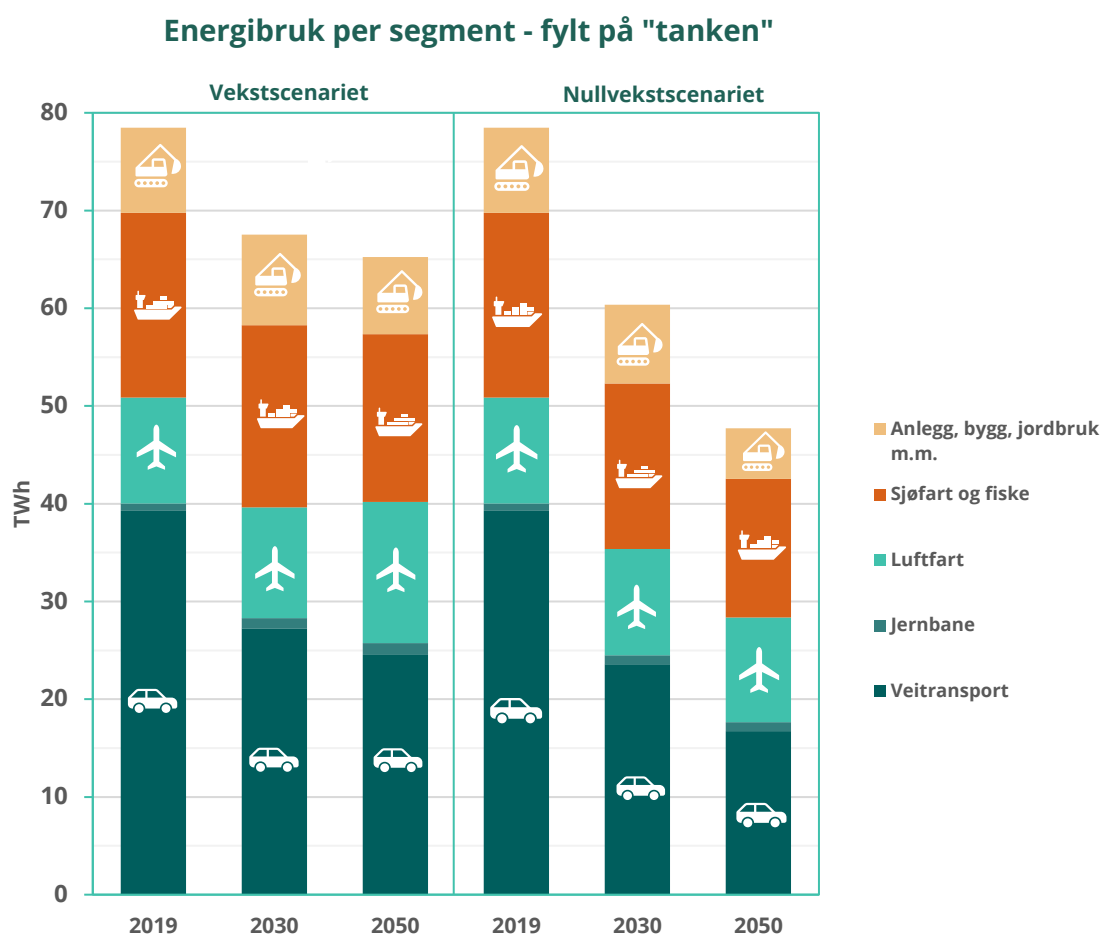
Energibruken (energi fylt på "tanken") i de to scenariene er illustrert i figurene under. Figur 2 illustrerer bruk av elektrisitet og alternative drivstoff, mens Figur 3 illustrerer energiforbruket per transportsegment. Figurene inkluderer ikke energien som trengs til å produsere alternative drivstoff.

³ <https://www.miljodirektoratet.no/klimakur>

Forbruk av elektrisitet og alternative drivstoff – energi fylt på "tanken"



Figur 2: Energiforbruk (TWh) i transportsektoren i Norge i 2030 og 2050 (energi fylt på "tanken"), inkludert utenriks skipsfart og luftfart som tanker i Norge, fordelt på ulike energibærere. Til venstre: scenario med fortsatt transportvekst. Til høyre: scenario med nullvekst i transport. Null utslipp av CO₂ i 2050. Energien til å produsere alternative drivstoff vil komme i tillegg. Forutsetninger er detaljert i vedlegg 2.

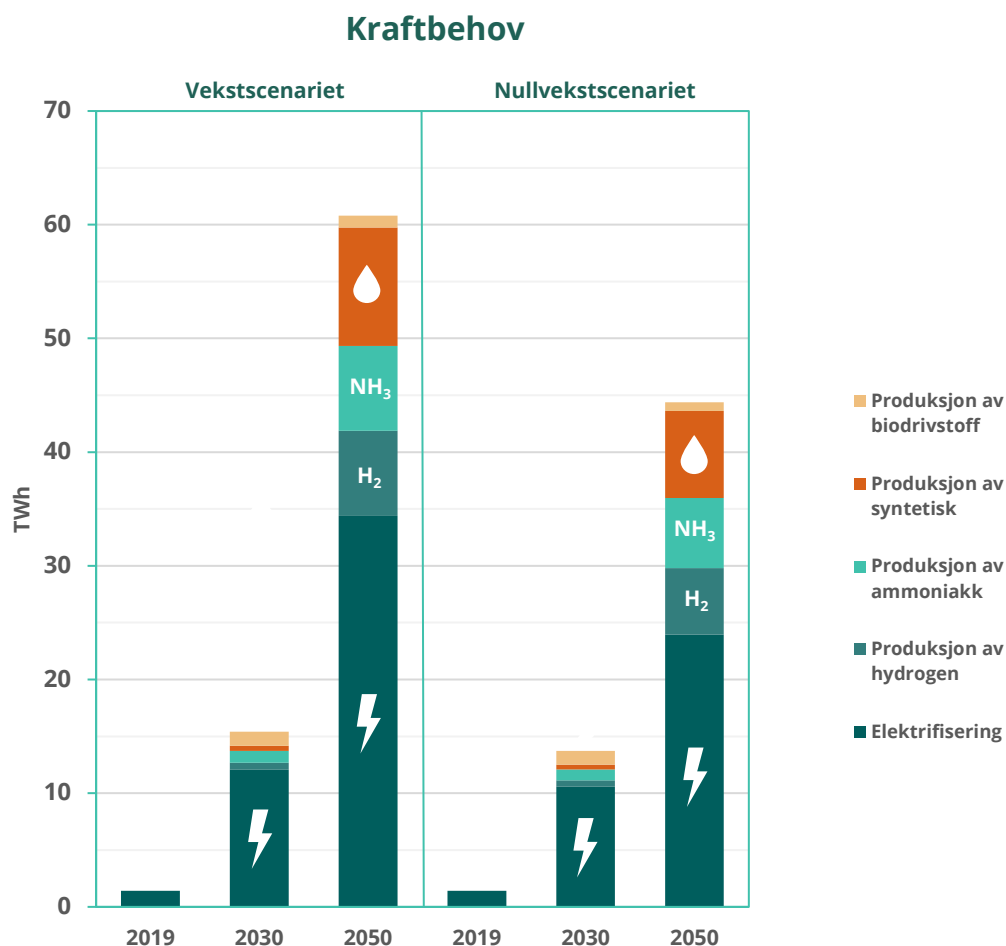


Figur 3: Energiforbruk (TWh) i transportsektoren i Norge i 2030 og 2050 (energi fylt på "tanken"), inkludert utenriks skipsfart og luftfart som tanker i Norge, fordelt på transportsegment. Til venstre: scenario med fortsatt transportvekst. Til høyre: scenario med nullvekst i transport. Null utslipp av CO₂ i 2050. Energien til å produsere alternative drivstoff vil komme i tillegg. Forutsetninger er detaljert i vedlegg 2.

Fortsatt transportvekst øker kraftetterspørselen med 60 TWh

Elektrifisering gjør at energiforbruket i transport, det vil si mengden energi som fylles på "tanken" for å drifte transportmidlene, reduseres sammenliknet med i dag. Samtidig øker etterspørselen etter kraft betydelig sammenliknet med dagens situasjon.

Kraftetterspørselen er vist i Figur 4. Figuren viser behovet for kraft til elektrifisering, *pluss* kraft som trengs for å produsere de alternative drivstoffene. Forutsetninger for beregningene er gitt i vedlegg 2.



Figur 4: Kraftbehov (TWh) til transportsektoren i Norge i 2030 og 2050, inkludert utenriks skipsfart og luftfart som tanker i Norge. Null utslipp av CO₂ i 2050. Kraftbehovet er inkludert produksjon av alternative drivstoff, hvor halvparten av hydrogenet kommer fra elektrolyse og resten fra naturgass med karbonfangst og -lagring. Til venstre: scenario med fortsatt transportvekst. Til høyre: scenario med nullvekst i transport. Forutsetninger er detaljert i vedlegg 2.

I **vekstscenariet** er direkte forbruk av elektrisitet i transportsektoren estimert til 12 TWh i 2030 og 34 TWh i 2050. Til sammenlikning var kraftforbruket i transportsektoren 2 TWh i 2021.

Kraftbehov til produksjon av alternative drivstoff vil komme i tillegg. Forutsetter man at alt produseres i Norge, og halvparten av hydrogenet er grønt og resten blått, blir det totale kraftbehovet over 15 TWh i 2030 og mer enn 60 TWh i 2050. Av det totale kraftbehovet utgjør veitransport over en tredjedel, sjøfart og fiske en fjerdedel og luftfart en femtedel. Norsk kraftproduksjon var 157 TWh i 2021.

I tillegg har vi lagt til grunn at det brukes 760 millioner liter avansert biodrivstoff til luftfart og sjøfart i 2050. I 2021 ble det brukt litt over 400 millioner liter avansert biodrivstoff i Norge, i hovedsak i veitransport.

I nullvekstscenariet, hvor transportmengden holdes konstant på 2019-nivå, er direkte forbruk av elektrisitet i transportsektoren estimert til 11 TWh i 2030 og 24 TWh i 2050. Dette er 10 TWh mindre i 2050 enn i vekstscenariet. Veitransport står for mesteparten av besparelsen – nullvekst i veitransport vil redusere behovet for kraft med 8 TWh i 2050 sammenliknet med vekstscenariet.

Det totale kraftbehovet i nullvekstscenariet, når også produksjon av drivstoff inkluderes, er estimert til 14 TWh i 2030 og 44 TWh i 2050. Behovet i 2050 er 16 TWh lavere enn i vekstscenariet.

Behovet for biodrivstoff reduseres med 200 millioner liter, til totalt 560 millioner liter i 2050 i nullvekstscenariet.

Kraftbehovet til transport kan reduseres på flere måter

Mye transport kan unngås uten at det fører til redusert livskvalitet. Bedre areal- og transportplanlegging, økt bruk av hjemmekontor og digitale møter er eksempler som vil gi mindre behov for transport. Godstransport kan reduseres med effektivisering, logistikkoptimalisering og redusert forbruk.

Flytting av transport fra energiintensive transportformer til mer energieffektive transportformer, vil også redusere kraftetterspørselen. For persontransport betyr dette for eksempel et transportmiddelskifte fra bil til kollektiv, sykkel og gange, eller fra fly til jernbane. For godstransport betyr dette for eksempel overgang fra fly og lastebiltransport til sjøtransport, jernbane og lastesykler. Flytting av transport henger nært sammen med god areal- og transportplanlegging.

En mer energieffektiv transportsektor vil være mindre ressurs- og arealkrevende. I tillegg til redusert behov for arealer og andre ressurser for å produsere elektrisitet og drivstoff, vil det bli færre kjøretøy og mindre behov for ny transportinfrastruktur. Samtidig reduseres andre negative påvirkninger fra transport som støy, utslipp av mikroplast og andre partikler og behov for vedlikehold.

Vedlegg 1 - Mer om energibehov

Energi behovet til et transportsystem avhenger av

- **Hvor mye** vi transporterer.
- Hvilke **transportmidler** vi bruker.
- Hvilke **energibærere** (elektrisitet eller alternative drivstoff) som benyttes.
- **Framdriftsteknologien** i transportmidlene (forbrenningsmotor eller elmotor med batteri eller brenselcelle).

Energibruk til transport har økt med økonomisk vekst

Hvor mye vi transporterer henger sammen med økonomisk vekst og befolkningsutvikling. En større befolkning gir behov for mer person- og godstransport, og bedre betalingsevne gir oss mulighet til å reise og forbruke mer. Fra 1990 til 2019 var økningen i transportarbeidet⁴ mer enn dobbelt så stor som befolkningsøkningen. I samme periode har det vært stor økonomisk vekst i Norge.

Med transport i denne analysen mener vi veitransport, sjøfart og fiske, jernbane, fly, anleggsmaskiner, mobile maskiner brukt i skog- og jordbruk og andre mindre mobile maskiner. Vi inkluderer både energiforbruk til innenlands og til utenriks transport som fyller drivstoff i Norge.

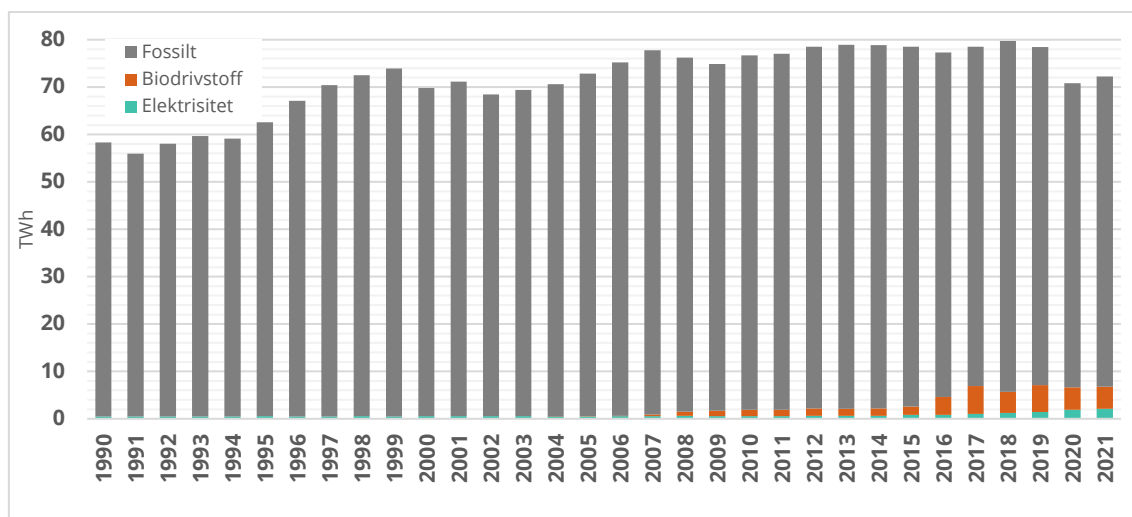
Transportmengden og transportmiddelfordeling henger også tett sammen *kvaliteten* på de forskjellige transportsystemene, det vil si hvor raskt, hvor komfortabelt, hvor rimelig og hvor sikkert det er å reise med ulike transportmidler. Hvilken transportinfrastruktur vi bygger påvirker både transportmiddelfordeling og transportmengde: for eksempel gjør utbygging av økt veikapasitet det mer attraktivt å velge bil, som fører til økt byspredning og arealbruk – og dermed til enda mer biltrafikk.⁵

At transportmidlene gradvis har blitt mer energieffektive, gjør at veksten i energiforbruk ikke har vært like stor som økningen i transportarbeidet. Energiforbruket i transport økte

⁴ Transportarbeid er et mål på omfanget av person- eller godstransporten. Det viser arbeidet som blir utført når et transportmiddel eller transportsystem frakter et visst antall personer eller et visst antall tonn gods en bestemt avstand. Transportarbeid måles som regel i personkilometer og tonnkilometer. Eksempel: 2 personer som kjører 10 km = 20 personkilometer.

⁵ Aud Tennøy, «Sammenhenger mellom veikapasitet, arealutvikling og trafikkmengder i byområder», Plan 48, nr. 5 (13. oktober 2016): 22, <https://doi.org/10.18261/ISSN1504-3045-2016-05-05>.

med 35 prosent fra 1990-2019, vist i Figur 5, samtidig som transportarbeidet mer enn doblet seg (økte med mer enn 100 prosent). Bruken av elektrisitet til transport har økt de siste årene i takt med innfasing av elektriske kjøretøy. Det brukes også en del flytende biodrivstoff og noe biogass. Flytende biodrivstoff innblandes i drivstoff i veitransport som følge av at det er et omsetningskrav.⁶



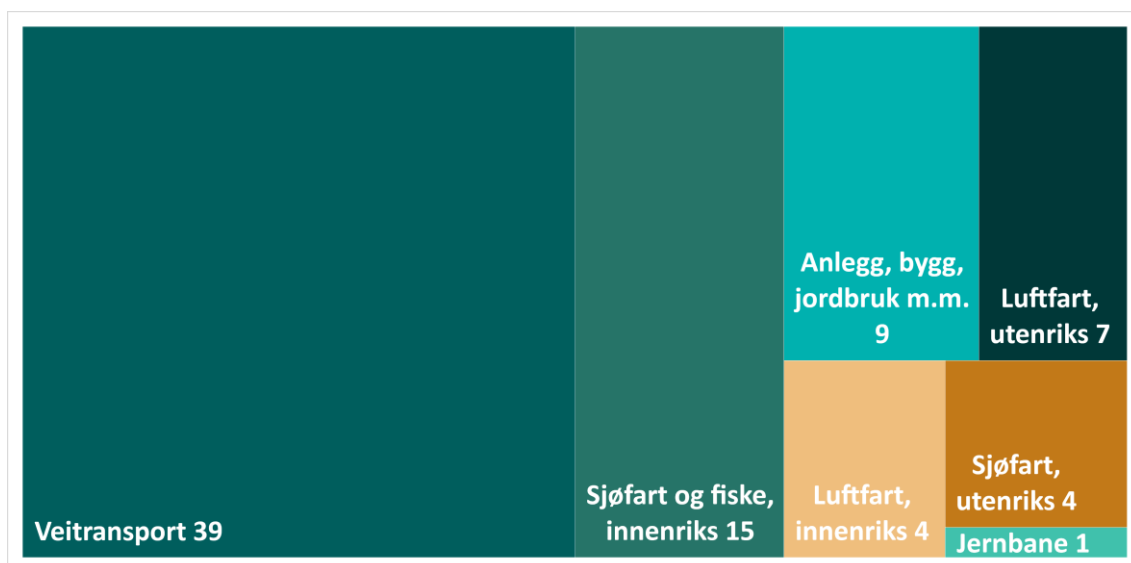
Figur 5: Energibruk i transportsektoren i Norge 1990-2021 (TWh), inkludert utenriks sjøfart og luftfart.⁷ Kilde: SSB, energibalanse.

Total energibruk til transport i Norge var 78 TWh i 2019. Av dette sto forbruk til veitransport for halvparten, vist i Figur 6. Koronapandemien gjorde at energiforbruket til transport i 2020 og 2021 var betydelig lavere enn normalt, hovedsakelig på grunn av redusert luftfart.

⁶ Les mer om biodrivstoff og omsetningskravet på

<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/transport/biodrivstoff/>

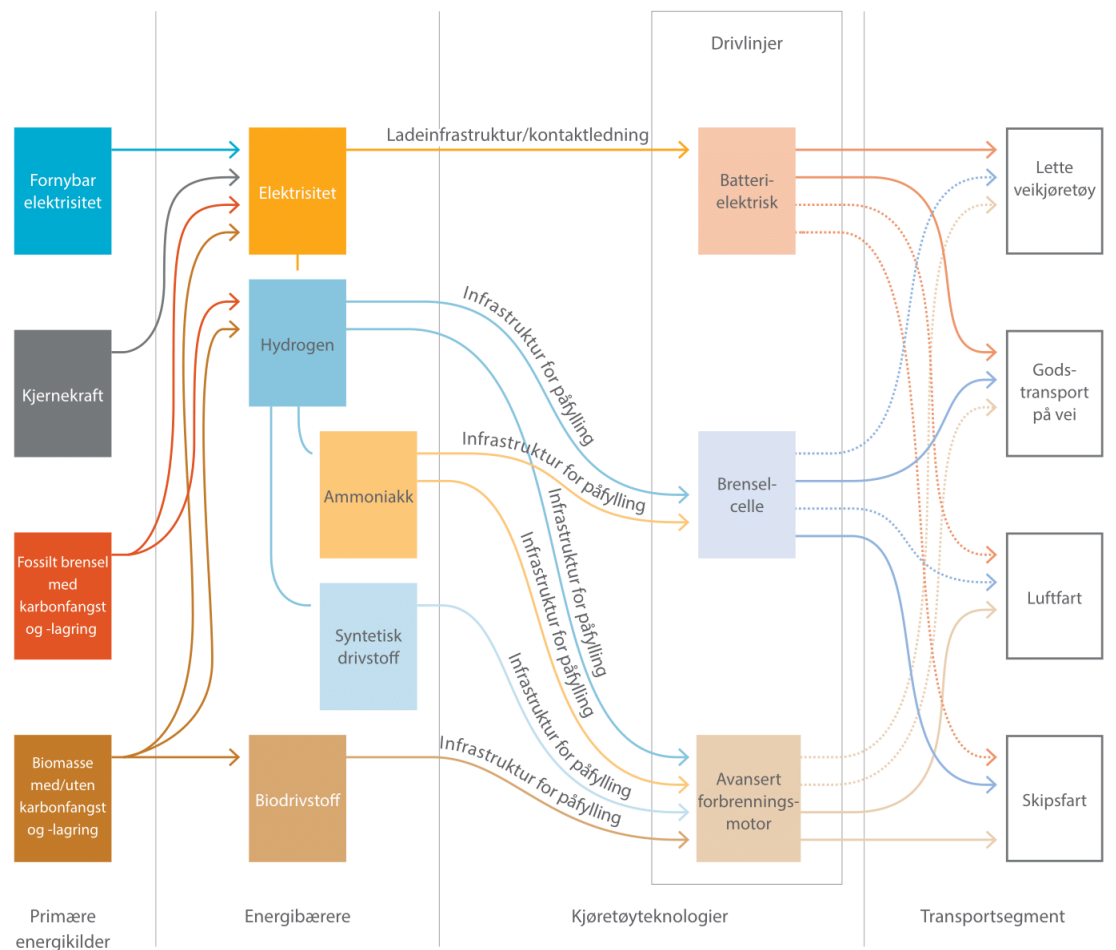
⁷ Summert postene 12.2 Transport, 12.3.2 Fiske (utenom elektrisitet som ikke går til transport), 4. internasjonal bunkers og forbruk av anleggsdiesel i SSB-tabell 11561: Energibalanse. <https://www.ssb.no/statbank/table/11561/>



Figur 6: Energibruk til transport⁷ i Norge i 2019 (TWh), fordelt på ulike transportsegmenter. Total energibruk er 78 TWh. Kilde: SSB, energibalansen.

Alternative drivstoff, framdriftsteknologi og virkningsgrad

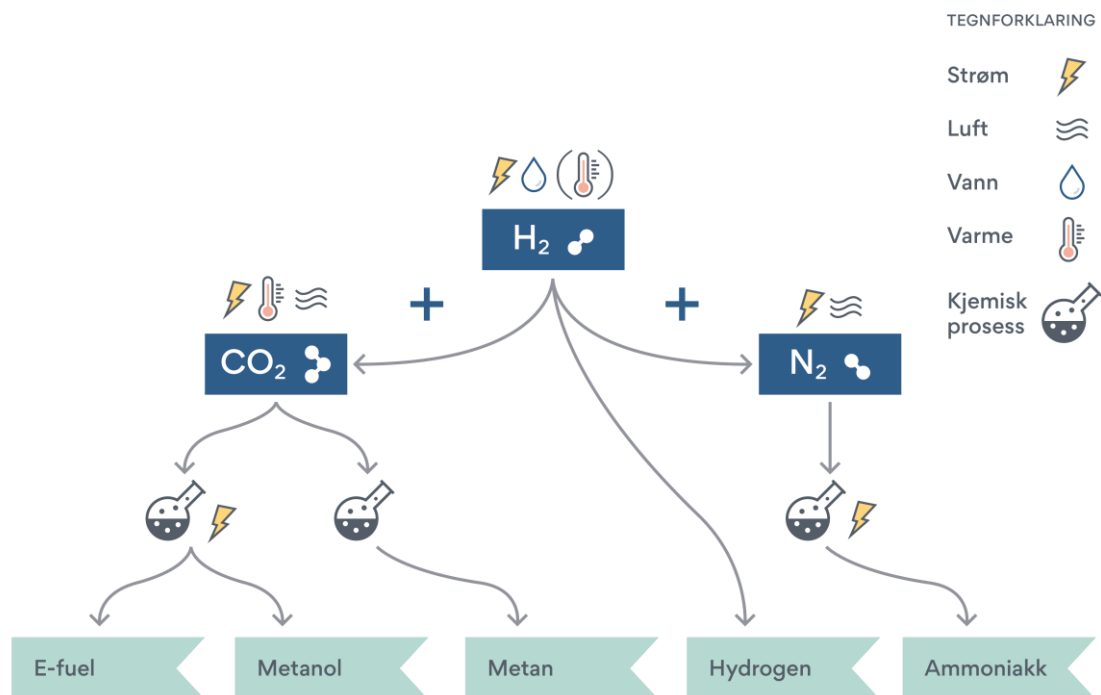
Elektrisitet og alternative drivstoff kan produseres fra flere ulike energikilder, og kan brukes med ulike framdriftsteknologier. En oversikt over mulige veier for bruk av elektrisitet og alternative drivstoff i transport er vist i Figur 7.



Figur 7: Oversikt over mulige veier for bruk av elektrisitet og alternative drivstoff i transport. Illustrasjon fra IPCC.⁸

Hydrogen kan brukes direkte som drivstoff, eller omdannes til andre drivstoff sammen med CO₂ eller nitrogen i ulike kjemiske prosesser, vist i Figur 8. Ved å tilføre energi er det mulig å konvertere CO₂ til metanol, etanol eller andre flytende hydrokarboner, metan og polymerer. Slik kan man produsere syntetisk drivstoff, også kalt "elektrisk drivstoff" (e-drivstoff), og i prinsippet alt annet som i dag lages av petroleum.

⁸ Basert på figuren i kapittel 10 (s. 24) i IPCC, 2022: [Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change](#). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.



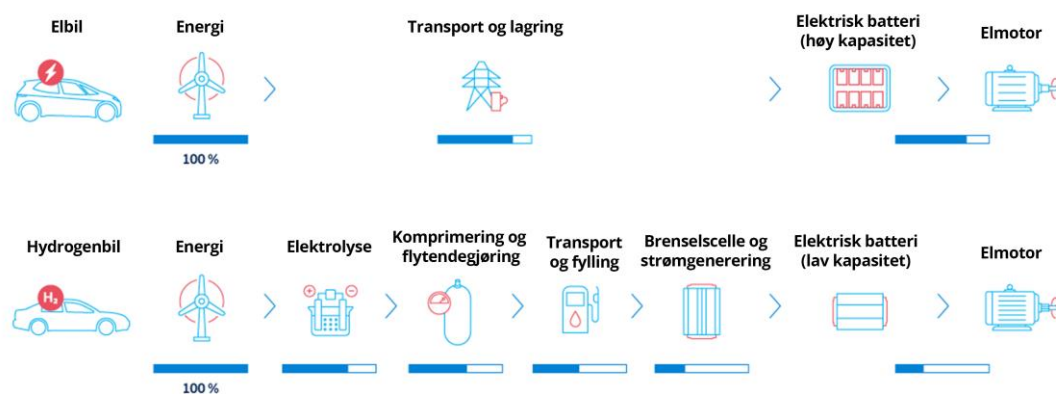
Figur 8: Hydrogen kan brukes direkte, eller omdannes til ulike drivstoff sammen med CO₂ eller nitrogen i ulike kjemiske prosesser. E-fuel = syntetisk drivstoff (e-drivstoff). Illustrasjon fra Klimastiftelsen.⁹

Det er betydelige energitap i både produksjon og bruk av ulike alternative drivstoff til transport. **Virkningsgrad** er et mål på hvor effektiv en prosess er, og defineres som forholdet mellom utnyttbar effekt og tilført effekt. Er virkningsgraden i en prosess på 90 prosent, kan 90 prosent av energien som tilføres utnyttes, det vil si at 10 prosent går tapt. Den mest effektive bruken av energi i transport er direkte elektrifisering. Det er lavt energitap med direkte bruk av elektrisitet (fra batteri eller ledning) i en elmotor.

I både produksjon av hydrogen og ved bruk i brenselceller er det betydelige energitap. Dette er illustrert i Figur 9, som sammenlikner en elbil med hydrogenbil. I elbilen er det noe energitap i strømmettet, når elbilen lades, og til slutt i elmotoren, hvor total virkningsgrad er mellom 80 – 85 prosent. I en hydrogenbil som går på grønt hydrogen, brukes først elektrisk strøm til å spalte vann til hydrogen (elektrolyse), deretter må hydrogengassen komprimeres og flytendegjøres, og så transporteres og fylles på en tank i et transportmiddel. En brenselcelle omdanner hydrogenet tilbake til elektrisk strøm og vann, og den elektriske strømmen driver en elmotor. Den totale virkningsgraden er mellom 20–40 prosent. Med blått hydrogen ville det i stedet for elektrolyse vært utvinning av

⁹ Norsk klimastiftelse, 2020. [Hva er e-fuel?](#)

naturgass, omdanning til hydrogen og karbonfangst og -lagring, som også ville hatt betydelige energitap.



Figur 9: Energitap i en elbil og en hydrogenbil på grønt hydrogen. Illustrasjon fra Volkswagen.¹⁰

Forbrenningsmotoren er minst effektiv, med en virkningsgrad på rundt 30 prosent i personbil. Mesteparten av energien går tapt som varme.

¹⁰ <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2020/03/battery-or-fuel-cell--that-is-the-question.html>

Vedlegg 2 - Metode og forutsetninger

Metode

I denne analysen har vi estimert behovet for kraft til elektrifisering og til produksjon av alternative drivstoff i to nullutslippsscenarioer for transport i 2050: et scenario hvor det fortsatt er transportvekst, og et med null transportvekst.

I beregningene er det tatt utgangspunkt i dagens transportarbeid og energiforbruk. I scenariet med fortsatt transportvekst er det gjort antagelser for vekst mot 2030 og 2050, basert på framskrivningene gjort i Nasjonal transportplan (NTP), som er basert på forventet vekst i BNP og befolkning. Vi har også tatt utgangspunkt i økt aktivitet i offshorenæringen og havbruk, og trafikkprognoser for luftfart utenom NTP. I scenariet med null transportvekst er både transportmiddelfordelingen og transportarbeidet den samme som i 2019.

Basert på litteratur, kommende EU-reguleringer og egne vurderinger, har vi så foretatt en fordeling på energibærere og framdriftsteknologier i de ulike transportsegmentene, som gir null utslipp av CO₂ i 2050. I vurderingen har vi sett til forventede kostnader og teknologimodenhet, og antatt at transportmidlene har normal levetid og ikke skiftes ut før tiden. For 2030 har vi tatt utgangspunkt i tiltakene fra Klimakur 2030.¹¹

Metanol er et alternativ til ammoniakk i skipsfart. Framtidige kostnader og regulering vil avgjøre hvilket av disse to drivstoffene som vil brukes. I Norge har det vært mest fokus på ammoniakk i skipsfart. I analysen har vi derfor utelukkende lagt til grunn bruk av ammoniakk. Metanol basert på grønt hydrogen vil ha tilnærmet likt kraftbehov som grønn ammoniakk, slik at resultatet ville vært omtrent uendret.

Mangel på nullutslippsteknologi og lang levetid på enkelte transportmidler, gjør at noe transport, i all hovedsak innen sjøfart og luftfart, vil bruke tradisjonelle forbrenningsmotorer i 2050. Her har vi lagt til grunn at de vil bruke avansert biodrivstoff og syntetisk drivstoff. Framtidige kostnader og reguleringer vil avgjøre hvilket av disse to drivstoffene som benyttes. Vi har i denne analysen antatt at halvparten er avansert biodrivstoff og halvparten syntetisk drivstoff.

¹¹ <https://www.miljodirektoratet.no/klimakur>

I veitransport har vi antatt at all veitransport er batterielektrisk i 2050. Dette er en forenkling. Veterankjøretøy og ev. andre eldre kjøretøy med forbrenningsmotor som er på veiene i 2050, vil måtte gå på avansert biodrivstoff eller syntetisk drivstoff. Vi tror det er snakk om ytterst få kjøretøy. Det vil også kunne være enkelte kjøretøy som går på hydrogen.

I beregning av energiforbruk og kraftbehov har vi inkludert en viss energieffektivisering fram mot 2050, og vi har lagt til grunn at halvparten av hydrogenet er produsert med elektrolyse (grønt hydrogen) og halvparten med karbonfangst og -lagring (blått). For de ulike energibærerne og framdriftsteknologi har vi brukt virkningsgrader fra litteraturen.

Alle forutsetninger er detaljert i kapitlene under.

Hva mener vi med nullutslippsscenario?

Med nullutslippsscenario for transport mener vi et scenario hvor transportsektoren når null utslipp av CO₂ i 2050, og har svært lave utslipp av andre klimagasser. Vi har tatt utgangspunkt i direkte energiforbruk i selve transportmidlene, dvs. all energi i form av elektrisitet og drivstoff som trengs i drift, pluss kraftbehovet for å produsere energibærerne. Energi til å produsere selve transportmidlene eller materialer til infrastruktur er ikke inkludert. Tilsvarende som for direkte energiforbruk, vil dette energiforbruket være lavere i scenariet med null trafikkvekst.

I vårt nullutslippsscenario må all energi til transport være produsert med (tilnærmet) null CO₂-utslipp. Det betyr at alt drivstoff må være produsert med fornybar energi, eller med karbonfangst og -lagring med opp mot 100 prosent fangstgrad. Syntetisk drivstoff, som har utslipp av CO₂ når det forbrennes, må da være produsert med CO₂ fanget fra luften,¹² slik at drivstoffet ikke slipper ut mer CO₂ enn det som ble fanget. Avansert biodrivstoff slipper også ut CO₂ ved forbrenning, men dette er CO₂ som opprinnelig ble tatt opp i biomassen og er en del av det korte karbonkretsløpet. Biomassen forutsetter vi kommer fra avfall, rester og biprodukter som ikke har mer høyverdige bruksområder.

Selv i vårt nullutslippsscenario vil det likevel være utslipp som har en oppvarmende klimaeffekt. Forbrenning av syntetisk drivstoff og avansert biodrivstoff gir små utslipp av metan (CH₄), lystgass (N₂O), NO_x og partikler, deriblant svart karbon (black carbon). Bruk av ammoniakk i forbrenningsmotor vil i utgangspunktet kunne gi betydelige utslipp av både

¹² Les mer om syntetisk drivstoff og fangst av CO₂ i: Miljødirektoratet, 2022. Rapport M-2346. [Grønn omstilling: Klimatiltaksanalyse for petroleum, industri og energiforsyning](#)

N₂O og NO_x. I vårt scenario forutsetter vi at skip med forbrenningsmotor på ammoniakk har renseteknologi som reduserer disse utslippene til et svært lavt nivå.

Den største klimaeffekten i vårt nullutslippsscenario kommer fra dannelse av kondensstriper og påfølgende cirruskyer fra luftfart, som følge av forbrenningsutslipp av vanndamp, NO_x, svovel- og nitratpartikler, sotpartikler og andre forbindelser i høye luftlag. Av den menneskeskapte klimapåvirkningen fra global luftfart fram til i dag, anslås CO₂ å utgjøre en tredjedel, mens netto oppvarmende tilleggseffekter fra disse andre utslippene utgjør to tredjedeler.¹³ Alternative drivstoff i forbrenningsmotor vil også ha slike tilleggseffekter.

Usikkerhet og sensitivitetsberegninger

Det er stor usikkerhet i teknologiutviklingen fram mot 2050, særlig i sjøfart og luftfart. Det gir usikkerhet i beregningene. Dersom man ikke lykkes med hydrogen eller ammoniakk i disse segmentene, vil det bli større behov for syntetisk drivstoff, som vil øke kraftteterspørselen betydelig.

I analysen har vi antatt at halvparten av hydrogenet er grønt og halvparten er blått. I et scenario der alt hydrogen er grønt, blir kraftbehovet i 2050 13 TWh høyere, på 74 TWh i vekstscenariet. Det er inkludert produksjonen av drivstoffet.

Transportvekst i vekstscenariet

Tabell 2: Transportvekst i prosent, sammenliknet med 2020, i vekstscenariet. For luftfart er økningen sammenliknet med 2019.

	2030	2050	Kommentar
Veitransport			
Persontransport med personbil og varebil	14 %	40 %	Fra NTP-framskrivningen: NTP, 2021. Nasjonal transportplan 2022 -2033: Oppdrag 2 Utviklingstrekk og framskrivninger.
Buss	5 %	15 %	Fra NTP-framskrivningen: NTP, 2021
Godstransport med varebil og lastebil	18 %	60 %	I NTP-framskrivningen øker transportarbeidet (tonn-km) med rundt 80 % fra 2020 til 2050. Som følge av

¹³ EASA, 2020. [Updated analysis of the non-CO2 climate impacts of aviation and potential policy measures pursuant to the EU Emissions Trading System Directive Article 30\(4\).](#)

			effektivisering og lengre og tyngre lastebiler antas energiforbruket å øke noe mindre.
Jernbane			
Persontransport	15 %	30 %	Fra NTP-framskrivningen: NTP, 2021
Godstransport	23 %	50 %	Fra NTP-framskrivningen: NTP, 2021
Luftfart			
FOT-ruter (kortbanenettet)	1 %	21 %	Transportvekst basert på TØI, 2022. Effekter av klimatiltak i norsk luftfart.
Regionale flyruter (flyruter utenom FOT-ruter og nasjonale flyruter)	1 %	23 %	Transportvekst basert på TØI, 2022. Før effektivisering på 1,1 % årlig, fra Transport & Environment (T & E), 2022. Roadmap to climate neutral aviation in Europe.
Nasjonale flyruter (Mellom Oslo og Bergen, Stavanger, Trondheim, Bodø og Tromsø og Bergen-Stavanger)	2 %	27 %	Transportvekst basert på TØI, 2022. Før effektivisering på 1,1 % årlig, basert på T & E, 2022.
Sum innenriks luftfart	2 %	25 %	
Europeiske flyruter	26 %	121 %	Transportvekst basert på TØI, 2022. Før effektivisering på 1,1 % årlig, basert på T & E, 2022.
Interkontinentale flyruter	32 %	209 %	Transportvekst basert på TØI, 2022. Før effektivisering på 1,1 % årlig, basert på T & E, 2022.
Sum utenriks luftfart	27 %	124 %	
Sjøfart og fiske			
Innenriks sjøfart	10 %	21 %	Basert på NTP-framskrivningen og forventet aktivitetsvekst. Inkludert effektivisering.
Fiske	10 %	21 %	Basert på forventet aktivitetsvekst. Inkludert effektivisering.
Utenriks sjøfart	10 %	21 %	Basert på NTP-framskrivningen og forventet aktivitetsvekst. Inkludert effektivisering.
Anlegg, bygg, jordbruk mm.			
Anlegg og bygg	17 %	60 %	Basert på vekst i fastlands-BNP.
Jordbruk og skogbruk	7 %	13 %	Basert på befolkningsvekst.
Annet	17 %	60 %	Basert på vekst i fastlands-BNP.

Teknologifordeling

Tabell 3: Fordeling på ulike energibærere i veitransport. Prosent av transportarbeid.

	Personbiler		Varebiler		Busser		MC		Lastebil	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Batterielektrisk	60 %	100 %	50 %	100 %	68 %	100 %	9 %	100 %	31 %	100 %
Biodrivstoff	12 %	0 %	16 %	0 %	10 %	0 %	30 %	0 %	22 %	0 %
Fossilt drivstoff	28 %	0 %	34 %	0 %	22 %	0 %	61 %	0 %	47 %	0 %

Tabell 4: Fordeling på ulike energibærere i jernbane, anlegg og bygg, jordbruk m.m. Prosent av transportarbeid.

	Jernbane		Anlegg og bygg		Skogbruk og jordbruk		Andre mobile maskiner	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Batterielektrisk	100 %	100 %	8 %	80 %	8 %	70 %	8 %	70 %
Hydrogen	0 %	0 %	0 %	10 %	0 %	15 %	0 %	20 %
Syntetisk	0 %	0 %	0 %	10 %	0 %	15 %	0 %	10 %
Biodrivstoff	0 %	0 %	17 %	0 %	17 %	0 %	17 %	0 %
Fossilt drivstoff	0 %	0 %	75 %	0 %	75 %	0 %	75 %	0 %

Tabell 5: Fordeling på ulike energibærere i sjøfart og fiske. Prosent av transportarbeid.

	Innenriks sjøfart		Fiske		Utenriks sjøfart	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Batterielektrisk	20 %	40 %	5 %	30 %	10 %	20 %
Hydrogen (komprimert) i brenselcelle	5 %	15 %	1 %	10 %	5 %	5 %
Ammoniakk i brenselcelle	0 %	5 %	0 %	10 %	0 %	15 %
Ammoniakk eller metanol i forbrenningsmotor	5 %	20 %	1 %	30 %	10 %	40 %
Syntetisk drivstoff	1 %	10 %	1 %	10 %	1 %	10 %
Biodrivstoff	5 %	10 %	5 %	10 %	5 %	10 %

Tabell 6: Innfasing av avansert biodrivstoff og syntetisk drivstoff i luftfart. Basert på EU-parlamentets posisjon¹⁴ til forordningen RefuelEU Aviation, men oppjustert i 2050 for å nå 100 % fossilfritt. Alle tall i volumprosent.

År	Avansert biodrivstoff	Syntetisk drivstoff
2025	1,96 %	0,04 %
2030	4 %	2 %
2035	15 %	5 %
2040	24 %	13 %
2045	27 %	27 %
2050	50 %	50 %

Tabell 7: Innfasing av batterielektriske fly og hydrogenfly i luftfart. Basert på T & E, 2022.

Flyrute	Innfasing begynner	Tid før alle fly er byttet ut	Kommentar
FOT (kortbanenettet)	2033	3 år	Batterielektrisk. Forventer rask utskiftning av fly som trafikkerer kortbanenettet, som følge av at alle Widerøe sine fly må skiftes ut rundt år 2035. ¹⁵
Regionale flyruter (flyruter utenom FOT-ruter og nasjonale flyruter)	2035	20 år	Flytende hydrogen i turbinmotor
Nasjonale flyruter (Mellom Oslo og Bergen, Stavanger, Trondheim, Bodø, og Tromsø og Bergen-Stavanger)	2040	20 år	Flytende hydrogen i turbinmotor
Europeiske	2045	20 år	Flytende hydrogen i turbinmotor
Interkontinentale	Etter 2050		

¹⁴ https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2022-0297_EN.html

¹⁵ <https://www.tu.no/artikler/batteriener-er-det-storste-hinderet-for-elektriske-fly/521153>

Virkningsgrader

Tabell 8: Virkningsgrad for ulike energibærere og framdriftsteknologier. Ikke inkludert mekaniske tap og tap i linjenettet ved transport av strøm og transformasjon. Beregnet basert på virkningsgradene i Tabell 9.

	I dag	2030	2050
Batterielektrisk	81 %	82 %	85 %
Elektrisk tog med kjøreledning	76 %	84 %	84 %
Hydrogenelektrisk (brenselcelle og elmotor) med komprimert hydrogen	22 %	28 %	39 %
Hydrogen (flytende) i fly med forbrenningsmotor (turbin)	18 %	21 %	24 %
Grønn ammoniakk i skip i forbrenningsmotor	19 %	25 %	31 %
Grønn ammoniakk i skip i brenselcelle	24 %	28 %	34 %
Syntetisk drivstoff i tunge kjøretøy	18 %	21 %	24 %
Syntetisk drivstoff i skip	17 %	23 %	29 %
Syntetisk drivstoff i fly	17 %	20 %	23 %

Tabell 9: Virkningsgrader som er brukt i analysen. Ikke inkludert mekaniske tap og tap i linjenettet ved transport av strøm og transformasjon.

Virkningsgrad	I dag	2030	2050	Kilde
Konvertering AC/DC	95 %	95 %	95 %	Transport & Environment (T & E), 2020. Electrofuels? Yes, we can ... if we're efficient . T & E siterer Apostolaki-Iosifidou et al., 2017, Measurement of power loss during electric vehicle charging and discharging , Energy, 127.
Lading av batteri	95 %	96 %	99 %	T & E, 2020, siterer Peters et al., 2017. The environmental impact of Li-Ion batteries and the role of key parameters – A review . Renewable and Sustainable Energy Reviews. 67.
Invertering DC/AC	95 %	95 %	95 %	T & E, 2020, siterer Larmanie et al., 2012. Electric vehicle technology explained. 2nd edition. Wiley. West Sussex/UK.
Elmotor	95 %	95 %	95 %	T & E, 2020, siterer Larmanie et al., 2012. Andre kilder: Wassiliadis et al., 2022. Quantifying the state of the art of electric powertrains in battery electric vehicles: Range, efficiency, and lifetime from component to system level of the Volkswagen ID.3 , eTransportation, Volume 12. ICCT, 2021. Battery electric tractor-trailers in the European Union: A vehicle technology analysis .
Elektrolyse (alkalisk)	60 %	70 %	80 %	IEA, 2019. The Future of Hydrogen . Tech. rep. Paris.

Transport, lagring, distribusjon og komprimering av hydrogen	89 %	89 %	89 %	T & E, 2020, siterer Wachsmuth et al., 2019. Roadmap Gas für die Energiewende – Nachhaltiger Klimabeitrag des Gassektors.
Transport, lagring, distribusjon og flytendegjøring av hydrogen	75 %	75 %	75 %	T & E, 2020, siterer U.S. Department of Energy, 2019. DOE Hydrogen and Fuel Cells Program Record. Current Status of Hydrogen Liquefaction Costs.
Brenselcelle (PEM), hydrogen	45 %	50 %	60 %	I dag og i 2030: ICCT, 2022. Fuel cell electric tractor-trailers: Technology overview and fuel economy. 2050: T & E, 2020, Siterer National Research Council, 2013. Transitions to Alternative Vehicles and Fuels , The National Academies Press, Washington, DC/US.
Produksjon syntetisk inkl. fangst fra luft (DAC)	72 %	72 %	72 %	Ricardo Energy & Environment, 2020. Renewable electricity requirements to decarbonise transport in Europe with electric vehicles, hydrogen and electrofuels.
Produksjon av ammoniakk fra hydrogen, Haber-Bosch	78 %	78 %	78 %	T & E, 2020, siterer Pfromm, 2017. Towards sustainable agriculture: Fossil-free ammonia.
Brenselcelle (SOFC), ammoniakk	56 %	56 %	61 %	T & E, 2020, siterer National Research Council, 2013. Transitions to Alternative Vehicles and Fuels , The National Academies Press, Washington, DC/US.
Fra strømnnett til kontaktledning, tog	80 %	88 %	88 %	Prosjektrapport fra NTNU-studenter, 2015. Elektrifisering av Rørosbanen. Behov eller bortkastet? Siterer Jernbaneverket (død lenke): http://www.jernbaneverket.no/no/Jernbanen/Miljo/Miljopavirkning/Energiforbruk/
Bensinmotor, personbil	30 %	30 %	30 %	T & E, 2020 siterer U.S. Department of Energy (ingen dato). Where the Energy Goes: Gasoline Vehicles.
Dieselmotor, personbil	36 %	36 %	36 %	T & E, 2020, siterer ACEA, 2016. Differences Between Diesel and Petrol.
Dieselmotor, tunge kjøretøy	42 %	42 %	42 %	T & E, 2020, siterer Delgado et al., 2017. Fuel efficiency technology in European heavy-duty vehicles: Baseline and potential for the 2020-2030 timeframe.
Skipsmotor	40 %	45 %	50 %	I dag og 2030: Korberg et al., 2021. Techno-economic assessment of advanced fuels and propulsion systems in future fossil-free ships. 2050: Wärtsilä, 2020. Wärtsilä engine fuel efficiency development.
Flymotor	40 %	40 %	40 %	Gray et al., 2021. Decarbonising ships, planes and trucks: An analysis of suitable low-carbon fuels for the maritime, aviation and haulage sectors og National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016. Commercial Aircraft Propulsion and Energy Systems Research:

				Reducing Global Carbon Emissions . Washington, DC: The National Academies Press.
--	--	--	--	--

Kraftforbruk for å produsere biodrivstoff og blått hydrogen

Tabell 10: Kraftforbruk (kWh) for å produsere drivstoff med karbonfangst og -lagring og avansert biodrivstoff

Kraftforbruk kWh per kWh produsert drivstoff	I dag	2030	2050	Kilde
Blått hydrogen	0	0	0,35	Vil variere med teknologi og fra prosjekt til prosjekt. Vi har lagt til grunn dampreforming (SMR) med amin i dag og 2030, membran (PMR) i 2050. Kilde: Prosess21, 2021. Veikart . Kraftforbruk til utvinning og foredling av naturgass og geologisk lagring vil komme i tillegg.
Blå ammoniakk	0,10	0,10	0,50	Beregnet basert på data i IEA, 2021. Ammonia Technology Roadmap . Kraftforbruk til utvinning og foredling av naturgass og geologisk lagring vil komme i tillegg. Vil variere med teknologi og fra prosjekt til prosjekt.
Syntetisk drivstoff fra blått hydrogen	0,10	0,10	0,68	Egne beregninger basert på produksjon av blått hydrogen og syntetisk drivstoff. Kraftforbruk til utvinning og foredling av naturgass og geologisk lagring vil komme i tillegg. Vil variere med teknologi og fra prosjekt til prosjekt.
Avansert flytende biodrivstoff fra skogsråstoff	0,14	0,14	0,14	Prosess21, 2021. Veikart . Vil variere med teknologi og fra prosjekt til prosjekt.

Vedlegg 3 - Detaljerte resultater

Energibruk i vekstscenariet, ekskludert produksjon av drivstoff – fylt på "tanken"

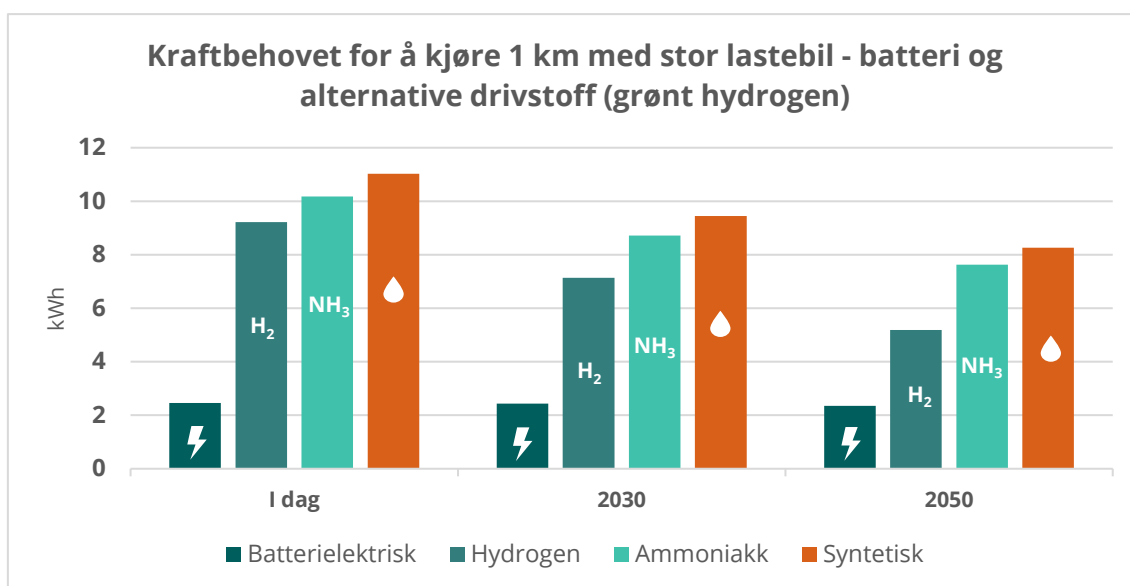
Tabell 11: Energiforbruk (TWh) i transportsektoren i Norge i 2030 og 2050 (energi fylt på "tanken"), inkludert utenriks skipsfart og luftfart som tanker i Norge, fordelt på ulike energibærere. Scenario med fortsatt transportvekst. Null utslipp av CO₂ i 2050. Energien til å produsere alternative drivstoff vil komme i tillegg. Avrundet til nærmeste TWh.

	År	Elektrisitet	Hydrogen	Ammoniakk	Syntetisk	Bio-drivstoff	Fossilt	Totalt
Veitransport	2030	9	0	0	0	6	13	27
	2050	25	0	0	0	0	0	25
Jernbane	2030	1	0	0	0	0	0	1
	2050	1	0	0	0	0	0	1
Sjøfart og fiske	2030	2	1	1	<1	1	14	19
	2050	4	2	7	2	2	0	17
Luftfart	2030	0	0	0	<1	<1	11	11
	2050	<1	4	0	5	5	0	14
Anlegg, bygg, jordbruk m.m.	2030	1	0	0	0	2	7	9
	2050	5	2	0	1	0	0	8
Totalt	2030	12	1	1	<1	9	44	68
	2050	34	8	7	9	7	0	65

Energibruk i nullvekstscenariet, ekskludert produksjon av drivstoff – fylt på "tanken"

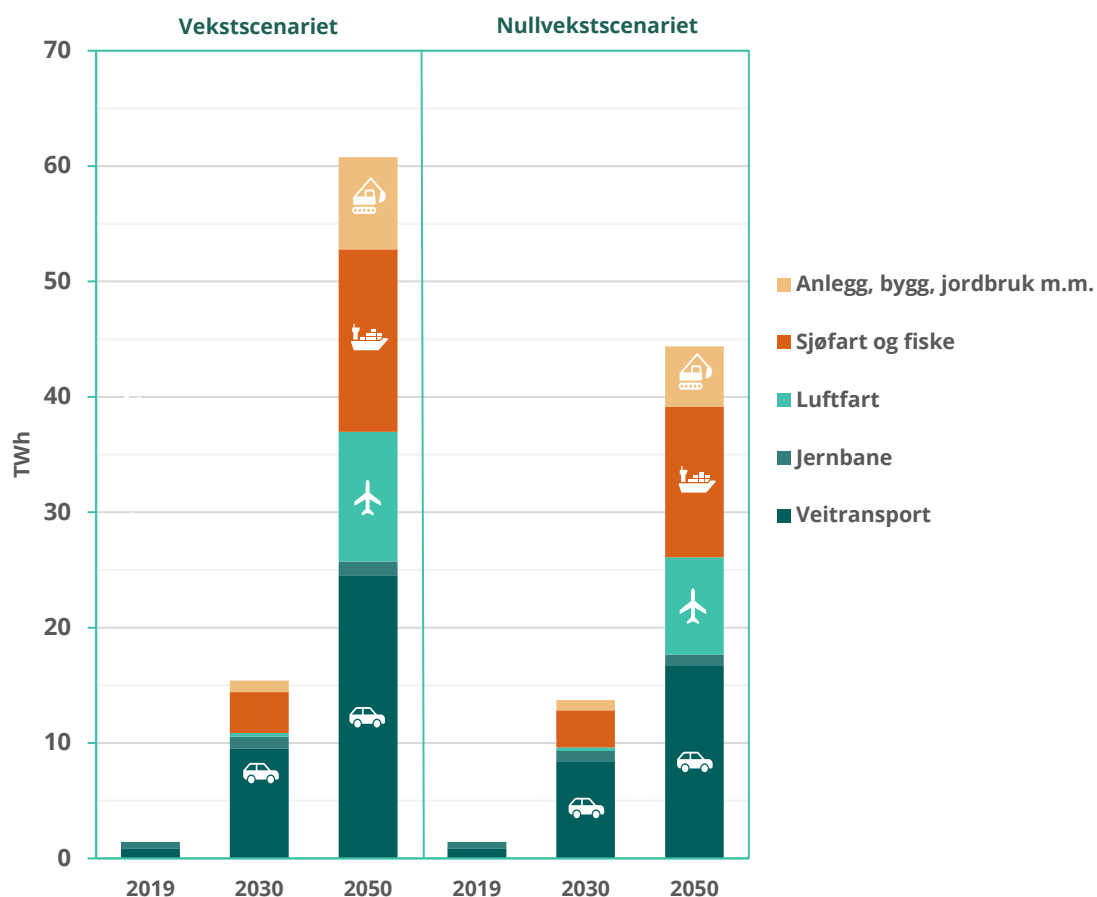
Tabell 12: Energiforbruk (TWh) i transportsektoren i Norge i 2030 og 2050 (energi fylt på "tanken"), inkludert utenriks skipsfart og luftfart som tanker i Norge, fordelt på ulike energibærere. Scenario med nullvekst i transport. Null utslipp av CO₂ i 2050. Energien til å produsere alternative drivstoff vil komme i tillegg. Avrundet til nærmeste TWh.

	År	Elektrisitet	Hydrogen	Ammoniakk	Syntetisk	Bio-drivstoff	Fossilt	Totalt
Veitransport	2030	8	0	0	0	6	10	24
	2050	17	0	0	0	0	0	17
Jernbane	2030	1	0	0	0	0	0	1
	2050	1	0	0	0	0	0	1
Sjøfart og fiske	2030	1	1	1	<1	1	13	17
	2050	3	2	6	2	2	0	14
Luftfart	2030	0	0	0	<1	<1	10	11
	2050	<1	3	0	4	4	0	11
Anlegg, bygg, jordbruk m.m.	2030	1	0	0	0	2	6	8
	2050	3	1	0	1	0	0	5
Totalt	2030	11	1	1	<1	9	39	60
	2050	24	6	6	7	5	0	48



Figur 10: Kraftbehovet for å kjøre én kilometer med stor lastebil med batteri, hydrogen (i brenselcelle), ammoniakk (i forbrenningsmotor) og syntetisk drivstoff (i forbrenningsmotor). Kraftbehovet er inkludert produksjon av drivstoff med grønt hydrogen (fra elektrolyse). Beregnet med virkningsgradene i Tabell 8.

Kraftbehov til elektrifisering og produksjon av alternative drivstoff



Figur 11: Kraftbehov (TWh) til transportsektoren i Norge i 2030 og 2050 (per transportsegment), inkludert utenriks skipsfart og luftfart som tanker i Norge. Null utslipp av CO₂ i 2050. Kraftbehovet er inkludert produksjon av alternative drivstoff, hvor halvparten av hydrogenet kommer fra elektrolyse og resten fra naturgass med karbonfangst og -lagring. Til venstre: scenario med fortsatt transportvekst. Til høyre: scenario med nullvekst i transport.

Kraftbehov til elektrifisering og produksjon av alternative drivstoff, fordelt på transportsegment

Tabell 13: Kraftbehov (TWh) til transportsektoren i Norge i 2030 og 2050, inkludert utenriks skipsfart og luftfart som tanker i Norge. Null utslipp av CO₂ i 2050. Kraftbehovet er inkludert produksjon av alternative drivstoff, hvor halvparten av hydrogenet kommer fra elektrolyse og resten fra naturgass med karbonfangst og -lagring. Over: scenario med fortsatt transportvekst. Under: scenario med nullvekst i transport. Avrundet til nærmeste TWh.

	Veitransport	Jernbane	Luftfart	Sjøfart og fiske	Anlegg, bygg, jordbruk m.m.	Sum
Scenario med fortsatt transportvekst						
2019	1	<1	0	0	0	1
2030	9	1	<1	4	1	15
2050	25	1	11	16	8	61
Scenario med null transportvekst						
2019	1	<1	0	0	0	1
2030	8	1	<1	3	1	14
2050	17	1	8	13	5	44

Kraftbehov til elektrifisering og produksjon av alternative drivstoff, fordelt på energibærere

Tabell 14: Kraftbehov (TWh) til transportsektoren i Norge i 2030 og 2050, inkludert utenriks skipsfart og luftfart som tanker i Norge. Null utslipp av CO₂ i 2050. Kraftbehovet er inkludert produksjon av alternative drivstoff, hvor halvparten av hydrogenet kommer fra elektrolyse og resten fra naturgass med karbonfangst og -lagring. Over: scenario med fortsatt transportvekst. Under: scenario med nullvekst i transport. Avrundet til nærmeste TWh.

	Elektrifisering	Hydrogen	Ammoniakk	Syntetisk	Biodrivstoff	Sum
Scenario med fortsatt transportvekst						
2019	1	0	0	0	0	1
2030	12	1	1	<1	1	15
2050	34	7	7	10	1	61
Scenario med null transportvekst						
2019	1	0	0	0	0	1
2030	11	1	1	<1	1	14
2050	24	6	6	8	1	44

Tlf.: 73 58 05 00
post@miljodir.no
www.miljodirektoratet.no
Postboks 5672 Sluppen,
7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim:
Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo:
Grensesvingen 7, 0661 Oslo



Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har i underkant av 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptrer selvstendig i enkelt saker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring.

Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.